

SE Menteri PUPR
Nomor : 14/SE/M/2019
Tanggal : 11 September 2019

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

**Preservasi sistem lantai panel segmental ortotropik
baja di jembatan rangka baja**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

Daftar Isi

Daftar Isi	i
Prakata	iv
Pendahuluan	v
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan	2
4.1 Panel segmental ortotropik	2
4.2 Lingkup preservasi	4
5 Prosedur Preservasi	6
5.1 Langkah-langkah pengembangan program preservasi jembatan	6
6 Identifikasi kondisi elemen panel segmental ortotropik	7
6.1 Kualifikasi personel	7
6.2 Peralatan kerja dan perlengkapan keselamatan	7
6.3 Sistem struktur ortotropik	7
6.4 Sistem drainase	8
6.5 Sistem lapisan aspal	10
6.6 Sistem sambungan baut	11
6.7 Sistem lapisan pelindungan cat	12
6.8 Metode pemeriksaan yang lebih maju	17
7 Preservasi elemen panel segmental ortotropik	19
7.1 Kualifikasi personel	19
7.2 Peralatan kerja dan perlengkapan keselamatan	20
7.3 Bagan alir pemeliharaan	20
7.4 Pemeliharaan periodik	21
7.4.1 Pembersihan jembatan	22
7.4.2 Penggantian bagian-bagian kecil	22
7.5 Pemeliharaan berdasarkan kondisi	22
7.6 Sistem drainase	23
7.7 Sistem lapisan aspal	23
7.7.1 Pemeliharaan permukaan jalan	23
7.7.2 Penggantian menyeluruh lapis permukaan aspal	24
7.8 Sistem sambungan baut	24
7.8.1 Penggantian baut	24
7.9 Sistem lapisan pelindungan cat	26

7.9.1	Pengecatan sederhana	26
7.9.2	Pengecatan ulang	26
7.10	Sistem struktur ortotropik	28
7.10.1	Retak pada pelat dek	29
7.10.2	Retak pada lasan rib ke diafragma	29
7.10.3	Retak pada sambungan rib ke pelat dek	30
7.10.4	Pengangkatan panel segmental ortotropik.....	31
	Bibliografi.....	33
	Daftar nama dan lembaga	32
	Gambar 1 Pandangan perspektif atas dari panel segmental <i>orthotropic</i>	3
	Gambar 2 Pandangan perspektif bawah dari panel segmental <i>orthotropic</i>	3
	Gambar 3 Potongan tampak dimensi sisi terpendek dari panel segmental <i>orthotropic</i>	4
	Gambar 4 Pandangan tampak samping dari setengah dimensi sisi terpanjang panel segmental <i>orthotropic</i>	4
	Gambar 5 Kategori penanganan jembatan	5
	Gambar 6. Pemeriksaan korosi pada baja	8
	Gambar 7. Lubang drainase yang tertutup kotoran	9
	Gambar 8. Kehilangan bagian pipa logam	9
	Gambar 9. Korosi pada pipa drainase.....	9
	Gambar 10. Sistem lapisan aspal	10
	Gambar 11. Retak daerah sekitar sambungan melintang.....	11
	Gambar 12. Perkembangan kerusakan yang lebih besar yang diawali dengan retakan pada sambungan memanjang pada daerah pelat atas panel segmental ortotropik.....	11
	Gambar 13 Ring indikator tarik	12
	Gambar 14. Cara kerja ring indikator tarik.....	12
	Gambar 15. Baut longgar dan lepas	12
	Gambar 16. Kondisi cat yang tipis pada bagian tepi dan sudut tajam	13
	Gambar 17. Lapisan cat yang terlalu tebal.....	13
	Gambar 18. Limpasan air dan kotoran di bawah siar muai	14
	Gambar 19. Daerah-daerah yang mungkin terlewat selama pengecatan	14
	Gambar 20. Karat pada kepala baut	15
	Gambar 21. Daerah yang terkena angin, hujan, dan panas	15
	Gambar 22. Daerah yang terjadi kebocoran antar sambungan pelat ortotropik.....	16
	Gambar 23. Tumpukan sampah pada batang bawah rangka baja	16
	Gambar 24. Pendeteksian retak menggunakan <i>dye penetrant</i>	18

Gambar 25. Skematik gangguan medan magnet	18
Gambar 26. Alat ultrasonik pendeteksi retak baja.....	19
Gambar 27. Pengujian ultrasonik.....	19
Gambar 28. Bagan alir penanganan preservasi jembatan	21
Gambar 29. Alat <i>Hydraulic Bolt Tensioners</i>	24
Gambar 30. Ilustrasi pengencangan metode <i>Hydraulic Bolt Tensioners</i>	24
Gambar 31. Alat <i>skidmore wilhelm</i>	25
Gambar 32. Lapisan cat pelat baja ortotropik → gambar dan tulisan diperjelas	28
Gambar 33. Retak pada pelat dek	29
Gambar 34. Lokasi retak pada lasan rib ke diafragma	30
Gambar 35. Lokasi retak memanjang pada sambungan rib ke pelat dek	30
Gambar 36. Skema pengaturan lalu lintas	31
Gambar 37. Skema penempatan <i>lifting device</i>	32
Gambar 38. Skema pengangkatan panel ortotropik	32
Tabel 1 Gaya tarik maksimum dan minimum baut A325	25
Tabel 2 Gaya tarik maksimum dan minimum baut A490	25
Tabel 3 Tingkat kerusakan permukaan dan metode persiapan permukaan	26

Prakata

Pedoman diterbitkan untuk menjabarkan ketentuan dan prosedur umum yang menjamin keberlangsungan pelayanan produk teknologi panel segmental ortotropik baja, yang difungsikan sebagai komponen utama sistem lantai jembatan rangka baja, sesuai umur rencana.

Penyusunan ketentuan dan prosedur pada pedoman ini didasarkan pada pelaksanaan preservasi yang telah berhasil diujicobakan di lapangan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.

Penyiapan pedoman dilakukan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Balai Litbang Struktur Jembatan, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Beberapa ketentuan-ketentuan yang ditetapkan pada Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 diacu dalam penulisan pedoman dan pedoman telah dibahas dalam forum rapat konsensus tanggal 26 Februari 2016 di Bandung oleh Subpanitia Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Pedoman disusun untuk memudahkan penerapan teknologi dengan menyediakan perangkat penggunaan teknologi yang lengkap mulai dari tahapan perencanaan, pelaksanaan dan preservasi.

Dimana sebelumnya, telah ditetapkan Pedoman Perencanaan Teknis Pelat Ortotropik Baja Segmental untuk Lantai Jembatan Rangka Baja melalui SE Menteri PUPR No. 13/SE/M/2017 tertanggal 3 Agustus 2017 dan saat ini secara bersamaan pun sedang disempurnakan penyusunan Pedoman Pelaksanaan Pelat Ortotropik Baja Segmental untuk Lantai Jembatan Rangka Baja yang sudah terlebih dahulu dikonsensuskan tanggal 24 Oktober 2011 di Bandung.

Panel segmental ortotropik yang dimaksud di dalam pedoman ini adalah sebagaimana yang dimaksud dalam paten dengan nomor IDP000050101 dengan judul invensi "Panel Segmental Orthotropic untuk Struktur Lantai" dengan tanggal pemberian paten 12 Maret 2018.

Diharapkan dengan disusunnya pedoman ini, penyelenggara jalan dan pemangku kepentingan di bidang jalan dan jembatan dapat melaksanakan preservasi panel segmental ortotropik yang akhirnya akan mendukung kemantapan jembatan selama umur layan.

Preservasi sistem lantai panel segmental ortotropik baja di jembatan rangka baja

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan dan prosedur indentifikasi dan penanganan panel segmental ortotropik yang sudah diterapkan di lapangan yang meliputi indentifikasi kerusakan dan metode penanganan kerusakan yang baik berupa pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan rehabilitasi.

Pedoman ini tidak mengatur hal yang berkaitan dengan keselamatan kerja. Pengguna pedoman ini bertanggungjawab untuk menetapkan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja yang tepat dan menentukan persyaratan peraturan sebelum digunakan.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

SNI ASTM A325:2012 Spesifikasi baut baja hasil perlakuan panas dengan kuat tarik minimum 830 MPa (ASTM A 325 M-04, IDT)

SNI 7563:2011, Spesifikasi profil, pelat, dan batang tulangan baja struktural dari baja karbon dan baja paduan rendah kekuatan tinggi, serta pelat baja struktural paduan hasil *quen* dan *temper* untuk jembatan

ASTM A490 - 14a, *Standard Specification for Structural Bolts, Alloy Steel, Heat Treated, 150 ksi Minimum Tensile Strength*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan dalam pedoman ini, istilah dan definisi berikut ini digunakan:

3.1

mill scale

lapisan tipis material berwarna cokelat sampai hitam pada baja yang terbentuk akibat proses penggilingan panas untuk proses penggulangan dan pembentukan

3.2

baut mutu tinggi

baut yang mempunyai kuat tarik minimum 830 MPa

3.3

baut tipe 3

baut yang terbuat dari baja tahan cuaca

3.4

ortotropik (*orthotropic*)

pelat yang dibuat dari pelat baja yang diperkaku dengan pengaku baja terbuka dan tertutup yang dilaskan pada bagian bawah dari pelat

3.5

pengaku tertutup

pengaku baja pada pelat ortotropik yang terdiri dari pelat yang membentuk palung, dilaskan ke pelat lantai sepanjang dua sisi pengaku

3.6

pengaku terbuka

pengaku baja pada pelat ortotropik yang terdiri dari pelat tunggal atau bagian yang dirol yang dilaskan pada pelat lantai

3.7

pemeliharaan rutin

kegiatan merawat serta memperbaiki kerusakan-kerusakan kecil/ sederhana yang terjadi pada struktur jembatan agar didapat kondisi yang mantap sesuai dengan umur rencana yang dapat diperhitungkan serta mengikuti ketentuan yang berlaku

3.8

pemeliharaan berkala

kegiatan penanganan terhadap setiap kerusakan yang diperhitungkan dalam desain agar penurunan kondisi jembatan dapat dikembalikan pada kondisi kemantapan sesuai dengan rencana

3.9

Preservasi Jembatan

tindakan atau strategi yang mencegah, memperlambat, atau mengurangi deteriorasi jembatan atau elemen jembatan; mengembalikan fungsi jembatan yang ada; menjaga jembatan dalam kondisi baik; dan memperpanjang umur layannya.

3.10

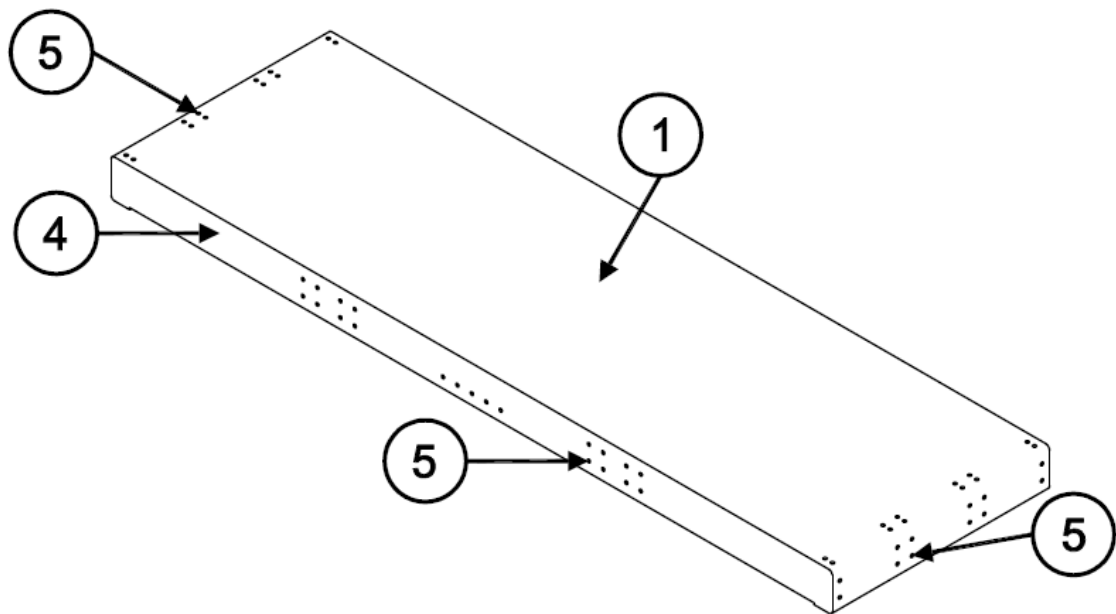
rehabilitasi

kegiatan penanganan besar dan pengembalian kondisi sesuai umur rencana terhadap setiap kerusakan berat atau parah, akibat menurunnya kondisi pada suatu bagian tertentu struktur jembatan

4 Ketentuan

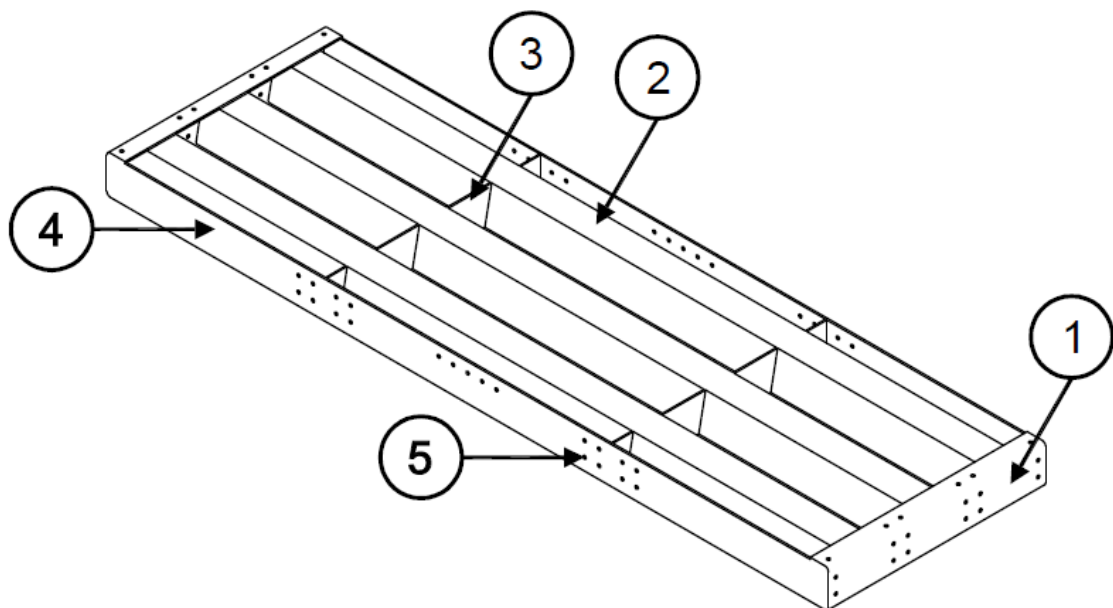
4.1 Panel segmental ortotropik

Secara garis besar Panel segmental ortotropik yang dimaksud di dalam pedoman ini adalah sebagaimana yang dimaksud dalam paten dengan nomor IDP000050101 dengan judul invensi "Panel Segmental Orthotropic untuk Struktur Lantai", dijelaskan pada Gambar 1, yang mana merupakan pandangan perspektif atas dari, akan terlihat pelat utama (1), yang dapat menutup secara utuh pelat pelat pengaku berbentuk V (2), lubang-lubang baut (5) untuk penyambungan antar segmen lantai bangunan *orthotropic* yang bersebelahan, dan pelat penutup (4) yang terdapat pada sisi terpanjang menjadi satu kesatuan dengan pelat utama (1). Bagian atas pelat utama (1) adalah bagian pelat yang memikul beban-beban yang lewat dari bagian atas struktur lantai. Untuk dapat memikul beban-beban tersebut, maka pelat utama (1) harus dilapisi oleh suatu bahan tertentu yang akan tetap melindungi permukaan pelat utama (1) agar tidak mengalami aus dan/atau kerusakan yang nantinya akan membahayakan struktur lantai secara keseluruhan dan akhirnya akan membuat struktur lantai tidak dapat difungsikan sebagaimana yang direncanakan. Kesesuaian antara bahan pelat utama (1), pelat pengaku berbentuk V (2), pelat diafragma (3), pelat penutup (4) dan lubang-lubang baut (5) dipilih berdasarkan metode fabrikasi dan metode konstruksi yang dipilih.



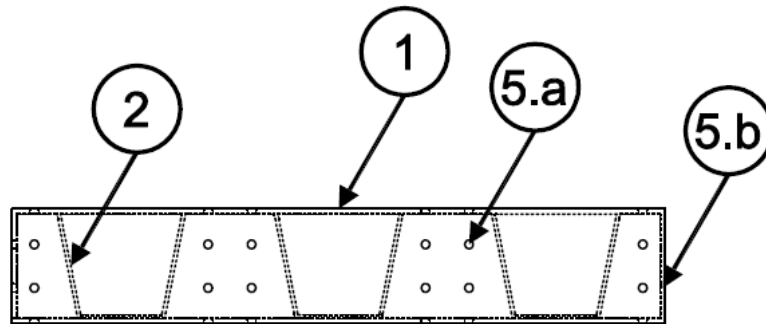
Gambar 1 Pandangan perspektif atas dari panel segmental *orthotropic*

Lebih lanjut, mengacu pada Gambar 2, yang mana merupakan pandangan perspektif bawah dari panel segmental *orthotropic*, terlihat pelat pengaku berbentuk V (2) yang menjadikan pelat secara struktural mempunyai kekakuan berbeda dalam arah yang saling tegak lurus. Rusuk-rusuk tersebut ditempatkan di bawah pelat utama (1) dengan suatu konfigurasi penempatan tertentu yang menjamin tidak terjadinya tegangan berlebih yang membahayakan pada pelat utama (1) dan pelat pengaku berbentuk V (2). Pada gambar 2 juga terlihat lubang baut pada sisi terpendek panel yang menjadi lokasi perletakan bagi panel segmental *orthotropic* ke struktur lain dari suatu bangunan.



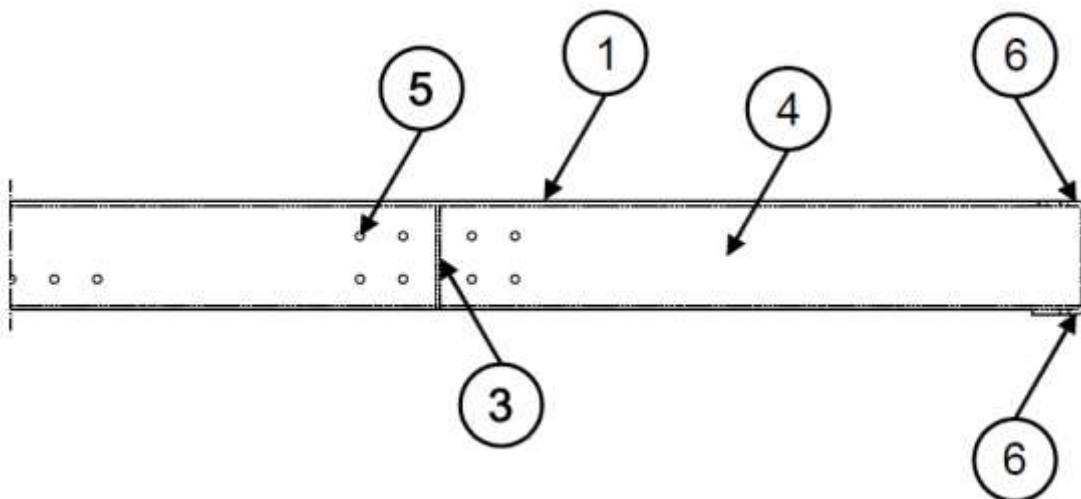
Gambar 2 Pandangan perspektif bawah dari panel segmental *orthotropic*

Kemudian, mengacu pada Gambar 3, yang mana merupakan tampak sisi terpendek panel segmental *orthotropic*, terlihat lubang-lubang sambungan baut pada sisi terpendek panel *orthotropic* (5a) yang ditempatkan di bagian luar. Sedangkan di bagian dalamnya yang diperlihatkan oleh garis putus-putus terdapat pelat pengaku berbentuk V (2) dan pelat penutup (4) yang penempatannya diatur agar baut yang masuk melalui lubang V tersebut masih dapat dikencangkan pada saat perangkaian panel oleh pekerja lapangan agar dapat membentuk struktur lantai.



Gambar 3 Potongan tampak dimensi sisi terpendek dari panel segmental *orthotropic*.

Dan, mengacu pada Gambar 4, yang mana merupakan tampak sisi terpanjang panel segmental *orthotropic*, terlihat lubang-lubang baut (5) pada sisi terpanjang panel *orthotropic* (5b) yang menghubungkan panel dalam sisi pelat penutup (4). Dan pada Gambar 4 juga terlihat tekukan (6) paling bawah yang menjadi lokasi perletakan bagi panel segmental *orthotropic* ke struktur gelagar dari suatu jembatan.



Gambar 4 Pandangan tampak samping dari setengah dimensi sisi terpanjang panel segmental *orthotropic*.

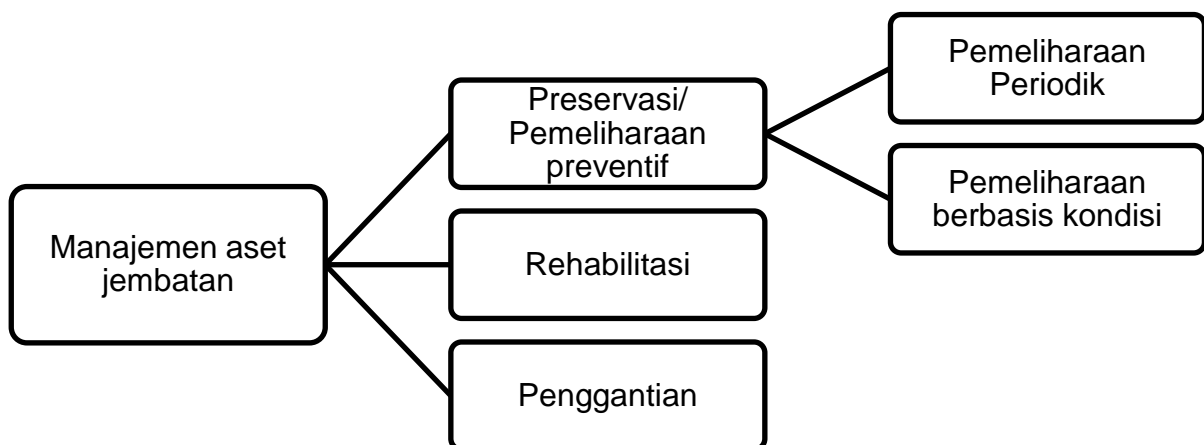
4.2 Lingkup preservasi

Preservasi Jembatan menurut *Bridge Preservation Guide*, 2018 adalah tindakan atau strategi yang mencegah, memperlambat, atau mengurangi deteriorasi jembatan atau elemen jembatan; mengembalikan fungsi jembatan yang ada; menjaga jembatan dalam kondisi baik; dan memperpanjang umur layannya. Tindakan preservasi dapat dilakukan periodik atau dilakukan berbasis kondisi jembatan.

Tindakan preservasi jembatan yang efektif dimaksudkan untuk menunda kebutuhan akan biaya rehabilitasi yang mahal atau penggantian sementara jembatan masih dalam kondisi baik atau cukup baik dan sebelum timbulnya kerusakan serius.

Preservasi jembatan meliputi aktivitas yang dilakukan periodik dan berbasis kondisi yang diterapkan pada struktur jembatan (lihat Gambar 2). Praktik terbaik untuk preservasi jembatan meliputi:

1. Metode identifikasi kebutuhan yang seragam, spesifik, dan berulang. Hal ini dapat didasarkan pada peringkat kondisi hirarki komponen berdasarkan Pedoman Pemeriksaan Jembatan, 2011, pemeriksaan dan ruang lingkup yang detail, atau data kondisi tingkat elemen;
2. Komitmen organisasi pengelola preservasi;
3. Alokasi sumber daya yang ditentukan oleh tujuan jaringan jalan dan sistem manajemen jembatan yang diarahkan untuk preservasi;
4. Proses pengkategorian dan / atau penentuan prioritas yang mengintegrasikan tujuan-tujuan organisasi;
5. Verifikasi dan umpan balik dari pekerjaan yang sudah selesai.



Gambar 5 Kategori penanganan jembatan

Beberapa penjelasan dari Gambar 5 adalah :

1. Pemeliharaan preventif adalah cara yang hemat biaya untuk memperpanjang masa layanan jembatan yang dilakukan dengan menerapkan perawatan yang efektif yang menghambat kemunduran di masa depan dan menghindari biaya besar dalam rehabilitasi atau penggantian jembatan;
2. pemeliharaan periodik dilakukan pada interval yang telah ditentukan sebelumnya yang bertujuan untuk mempertahankan dan memperlambat kerusakan elemen jembatan atau kondisi komponen. Dimana frekuensi siklus kegiatan dapat berubah sebagai akibat dari perubahan lingkungan atau kondisi;

3. Pemeliharaan berbasis kondisi dilakukan pada komponen atau elemen jembatan sebagai respons terhadap kerusakan yang diketahui. Pemeliharaan berbasis kondisi meningkatkan kondisi bagian elemen tersebut, atau dapat/tidak dapat menghasilkan peningkatan peringkat kondisi komponen;
4. Pemeliharaan berbasis kondisi dilakukan pada komponen atau elemen jembatan sebagai respons terhadap kerusakan yang diketahui. Pemeliharaan berbasis kondisi meningkatkan kondisi bagian elemen tersebut, atau dapat/tidak dapat menghasilkan peningkatan peringkat kondisi komponen.

5 Prosedur Preservasi

5.1 Langkah-langkah pengembangan program preservasi jembatan

Menurut Bridge Preservation Guide, 2018, berikut adalah langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk mengembangkan program preservasi:

1. Mengidentifikasi tujuan dan sasaran organisasi terhadap preservasi jembatan dengan panel segmental ortotropik dan mengidentifikasi alokasi dana untuk melakukan preservasi ;
2. Mengidentifikasi kondisi elemen dan bagian jembatan, sebagaimana yang terlihat pada Bab 6 dari pedoman ini, yang harus dilakukan pemeliharaan preventif salah satunya setelah dilakukan :
 - a. pemeriksaan jembatan berdasarkan
 - i. Pedoman Pemeriksaan Jembatan, 2011, dan
 - ii. *Subsection 8.1 Inspection* dari *Manual For Design, Construction, And Maintenance Of Orthotropic Steel Deck Bridges*, 2012,
 - iii. *Chapter 7: Inspection and Evaluation Bridges Decks and Areas Adjacent To Bridge Decks, Topic 7.4 Steel Decks* dari *Bridge Inspector's Reference Manual BIRM*, 2012;
 - iv. *Section 4: Inspection, Subsection 4.8.4.3 Steel Decks* dari *The Manual for Bridge Evaluation*, 2010;
 - b. pemantauan kondisi jembatan berdasarkan Pedoman Perencanaan Sistem Monitoring Kesehatan Struktur Jembatan, 2015, dan
 - c. penilaian kondisi jembatan berdasarkan Pedoman Penentuan *Bridge Load Rating* untuk Jembatan Eksisting, 2016;
3. Pengembangan beberapa alternatif teknik pemeliharaan dengan memperhatikan dampak perbaikan komponen terhadap elemen atau sistem struktur yang lebih tinggi hirarkinya seperti yang terlihat pada Bab 4 dan Bab 5 dari Panduan Pemeliharaan dan Rehabilitasi Jembatan, 1993;
4. Penetapan aturan durasi pengulangan pemeliharaan preventif, baik pemeliharaan periodik atau pemeliharaan berbasis kondisi, dapat dilakukan setelah dilakukan pemantauan kondisi jembatan atau seperti yang terlihat pada Lampiran 5 Catatan Mengenai Penentuan Waktu Penanganan Jembatan pada Panduan Rencana dan Program IBMS, 1993. Pengulangan dapat mempertimbangkan:
 - a. manfaat inti dari suatu tindakan preservasi;
 - b. durasi perpanjangan umur layan;
 - c. ketersediaan kontraktor khusus;
 - d. koordinasi pekerjaan di sepanjang segmen rute atau menjembatani kontrak yang saling terkait;
 - e. pertimbangan gangguan lalu lintas;
5. Pengembangan proses perhitungan keekonomisan umur daur hidup yang memperkirakan biaya dalam mengelola tiap kelas aset, atau subkelompok aset, selama umur layannya dengan pertimbangan untuk meminimalkan biaya dengan mempertahankan atau meningkatkan kondisi jembatan, sebagaimana yang dapat

dilihat pada Lampiran 4 Evaluasi Ekonomi pada Panduan Rencana dan Program IBMS, 1993;

6. Pengembangan penilaian kinerja efektivitas preservasi jembatan yang telah selesai dikerjakan dalam memenuhi tujuan organisasi dapat dilakukan dengan membandingkan jumlah dan kuantitas preservasi yang sudah dilakukan dan jumlah dan kuantitas preservasi yang akan dilakukan;
7. Pembangkitan metode untuk mengevaluasi manfaat preservasi di mana dengan dana yang lebih sering namun jumlahnya sedikit, mampu memperlihatkan keuntungan berupa perpanjangan umur layanan;
8. Penentuan alokasi dana yang mampu disediakan untuk preservasi;
9. Pelaksanaan preservasi berdasarkan permintaan dan kontrak pekerjaan dan evaluasi preservasi berdasarkan kualitas dan kelengkapan penyelesaian pekerjaan untuk memastikan pemenuhan program preservasi;
10. Pemantauan dan pengukuran kinerja program preservasi dengan melakukan pemantauan kondisi jembatan berdasarkan Pedoman Perencanaan Sistem Monitoring Kesehatan Struktur Jembatan, 2015;
11. Pelaporan dan peningkatan program preservasi, baik dengan menggunakan table tercetak maupun pelaporan yang ada di website organisasi yang diperlukan oleh pimpinan dalam mengambil keputusan tindakan penanganan jembatan.

6 Identifikasi kondisi elemen panel segmental ortotropik

6.1 Kualifikasi personel

Pemeriksaan dan penentuan tingkat kerusakan pada pelat lantai ortotropik harus dilakukan oleh personel yang memiliki pengalaman kerja dan kualifikasi dalam bidang pemahaman dan penilaian kerusakan elemen jembatan dan bersertifikat pelatihan tentang pemeriksaan jembatan. Serta mampu menerapkan ketentuan pemeriksaan jembatan rangka baja sesuai pedoman No. 005/BM/2009. Dalam pelaksanaan pemeriksaan, dapat dibantu oleh beberapa tenaga teknis.

6.2 Peralatan kerja dan perlengkapan keselamatan

Pemeriksaan dan penentuan tingkat kerusakan pada pelat lantai ortotropik harus dilakukan dengan ketentuan peralatan yang disesuaikan dengan kebutuhan sebagaimana terdapat pada pedoman pemeriksaan jembatan rangka baja No. 005/BM/2009.

6.3 Sistem struktur ortotropik

Sistem struktur ortotropik harus diperiksa secara visual terhadap sambungan lasan yang rusak, kegagalan pengencang, bagian yang hilang dan retak.

Beberapa lokasi inspeksi yang umum dan tanda-tanda mengalami beban fatik meliputi:

- a) Elemen yang rusak atau bengkok dilakukan dengan: menentukan tipe kerusakan (misalnya karena ditabrak, beban berlebih ataupun kebakaran), memeriksa alinyemen yang sesuai, dan memeriksa retakan, robekan dan bagian yang cacat di lokasi kerusakan;
- b) Karat yang dapat mengurangi kinerja struktural melalui penurunan penampang elemen dan membuat penurunan ketahanan elemen terhadap kondisi beban berulang-ulang dan statis. Tingkat keparahan korosi tidak selalu dapat ditentukan oleh luas permukaan berkarat; Oleh karena itu, elemen berkarat harus diperiksa baik secara visual maupun fisik (Gambar 6).



Gambar 6. Pemeriksaan korosi pada baja

- c) Retak fatik yang umum di lokasi-lokasi tertentu seperti area sekitar tumpuan pelat ortotropik, area sekitar difragma dan area rib tengah bentang dan metode pemeriksaan fisik harus dilaksanakan bila perambatan retak fatik ingin diamati.
- d) Tegangan yang berhubungan dengan retakan lain dimana panjang, ukuran, dan lokasi retak harus ditentukan.
- e) Elemen yang kendor bisa mengakibatkan elemen lain memikul beban berlebih.
- f) Perbaiki dengan prosedur pengelasan atau pemotongan kurang tepat.
- g) Area yang terkena getaran berlebihan.

Kerusakan yang disebabkan oleh beban berulang (fatik) berupa retakan pada sambungan las maupun retakan pada pelat ortotropik harus ditandai dan ditentukan ujung retakan. Setelah itu, retakan dipantau untuk mengetahui tingkat perambatannya.

6.4 Sistem drainase

Sistem drainase terdiri atas pipa cucuran dan jalur aliran air. Kerusakan yang terjadi pada sistem drainase dapat berupa:

- a) kotoran yang mengendap di lubang masuk pipa drainase serta kotoran yang menghambat jalur aliran air ke pipa drainase (Gambar 7);
- b) saluran pipa yang tersumbat atau terputus, sebagian atau seluruhnya;
- c) pipa retak ataupun terbelah;
- d) longgar atau sambungan pipa yang hilang (Gambar 8);
- e) korosi atau kehilangan ketebalan pipa logam (Gambar 9).



Gambar 7. Lubang drainase yang tertutup kotoran



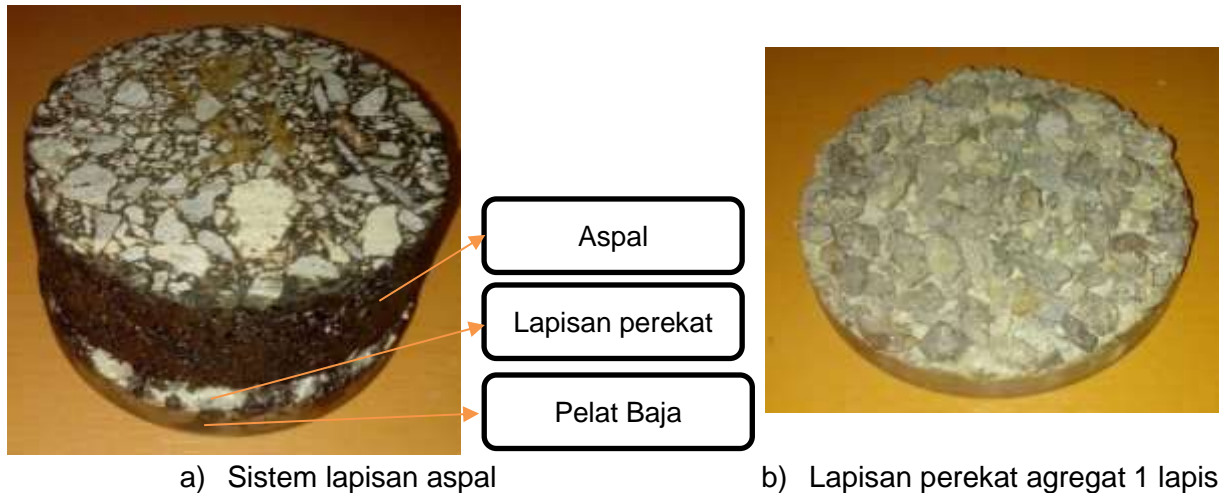
Gambar 8. Kehilangan bagian pipa logam



Gambar 9. Korosi pada pipa drainase

6.5 Sistem lapisan aspal

Kerusakan yang terjadi pada lapis permukaan aspal secara umum terjadi pada daerah sekitar sambungan dan di atas pelat dek ortotropik. Pemicu kerusakan lapisan permukaan aspal adalah pergerakan sambungan panel segmental ortotropik dan genangan air. Sistem lapisan aspal terdiri dari lapisan perekat dan perkerasan aspal sebagaimana yang ditetapkan pada SE Dirjen Bina Marga No. 02/SE/Db/2018 tentang Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan di dalam Seksi 6.3 - Divisi 6 Perkerasan Aspal (Gambar 10 a)). Merujuk pada penerapan terdahulu, lapisan perekat merupakan lapisan pengikat antara pelat baja dengan aspal dalam hal ini menggunakan epoksi agregat 1 lapis (Gambar 10 b)).



Gambar 10. Sistem lapisan aspal

Kerusakan permukaan aspal terdiri dari :

- keretakan pada daerah sekitar sambungan yang disebabkan oleh adanya pergerakan sambungan antara segmen ortotropik (Gambar 11);
- sudah tidak adanya gaya lekat antara aspal dan baja pada daerah sekitar sambungan yang disebabkan oleh perkembangan kerusakan yang diawali dengan keretakan (Gambar 12 a);
- keretakan di atas pelat dek ortotropik yang disebabkan oleh pemadatan aspal yang tidak sempurna atau beban berlebih;
- sudah tidak adanya gaya lekat antara aspal dan baja pada daerah pelat dek ortotropik (Gambar 12 b).



Gambar 11. Retak daerah sekitar sambungan melintang



a)

b)

Gambar 12. Perkembangan kerusakan yang lebih besar yang diawali dengan retakan pada sambungan memanjang pada daerah pelat atas panel segmental ortotropik

6.6 Sistem sambungan baut

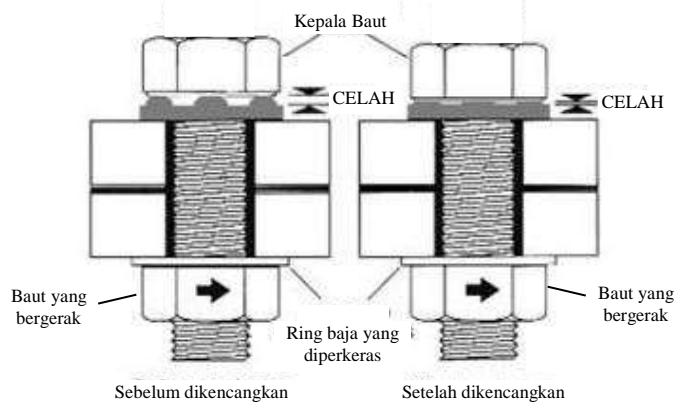
Secara umum, sistem sambungan pada panel segmental ortotropik terdiri atas sambungan las dan sambungan baut. Untuk sambungan baut, tingkat kekencangan baut dapat diperiksa secara visual dengan melihat indikator kerusakan sebagai berikut :

- a) Perkembangan kerusakan lapisan permukaan aspal yang diawali dari retakan aspal di atas sambungan panel segmental ortotropik (Gambar 12);
- b) Terjadinya celah pada *ring* indikator tarik (Gambar 13 dan Gambar 14);
- c) Terjadinya bagian yang hilang pada elemen bautnya atau telah terjadi perubahan bentuk (Gambar 15).

Indikator kekencangan baut untuk berbagai metode dapat mengikuti ketentuan-ketentuan yang ditetapkan pada Subbab 5.6 Pemeriksaan kekencangan baut pada Pedoman Pemasangan Baut Jembatan, 2015.



Gambar 13 Ring indikator tarik



Gambar 14. Cara kerja ring indikator tarik



Gambar 15. Baut longgar dan lepas

6.7 Sistem lapisan pelindungan cat

Kerusakan yang harus diperiksa pada lapis pelindungan dan lokasi pemeriksaan adalah pada:

- a) Bagian tepi yang tajam dengan sudut persegi dari elemen struktural (Gambar 16). Cat umumnya lebih tipis di tepi dan sudut tajam daripada di tepi bentuk bulat dan sudut atau permukaan datar. Karat dimulai dari tepi tajam, kemudian memotong cat lalu menyebar. Sudut persegi sering menerima lapisan cat ekstra tebal di atasnya. Lapisan ekstra tebal rentan terhadap retak. Indikator visual elemen yang mengalami lapisan ekstra tebal sebagaimana pada Gambar 17.



Gambar 16. Kondisi cat yang tipis pada bagian tepi dan sudut tajam



Gambar 17. Lapisan cat yang terlalu tebal

- b) Semua area yang lembab, terutama di bawah pipa drainase dan di bawah lubang keluaran. Kemudian di permukaan horizontal bawah tepi dek jembatan (Gambar 18), serta bagian bawah *flens* dari gelagar.



Gambar 18. Limpasan air dan kotoran di bawah siar muai

- c) Daerah-daerah yang sulit dijangkau yang mungkin telah terlewatkan selama pengecatan. Untuk itu senter dan cermin inspeksi perlu digunakan untuk dapat melakukan pemeriksaan. Kemudian pada gelagar melintang yang merupakan tumpuan pelat ortotropik (Gambar 19), terutama pada bidang kontak kedua elemen (permukaan atas dari flens atas gelagar melintang dan bagian bawah pelat dek), jika memungkinkan.



Gambar 19. Daerah-daerah yang mungkin terlewat selama pengecatan

- d) Bagian sekitar baut, Karat yang terdeteksi di sekitar kepala dapat menunjukkan korosi di sepanjang bagian baut yang menyebabkan penurunan integritas struktural (Gambar 20).



Gambar 20. Karat pada kepala baut

- e) Daerah yang terkena angin, hujan, dan kondisi cuaca merugikan lainnya (Gambar 21).



Gambar 21. Daerah yang terkena angin, hujan, dan panas

- f) Konstruksi yang selalu basah untuk periode waktu yang lama karena hujan, kondensasi, kebocoran sambungan, atau akibat terkena limpasan (Gambar 22).



Gambar 22. Daerah yang terjadi kebocoran antar sambungan pelat ortotropik

- g) Tempat kotoran cenderung menumpuk seperti contoh pada Gambar 23.



Gambar 23. Tumpukan sampah pada batang bawah rangka baja

- h) Bagian yang dekat cacat sambungan atau elemen sistem drainase.

Korosi baja

Tingkat korosi lapisan harus dinilai selama pemeriksaan. Korosi lapisan cat diukur berbeda dari korosi struktural. Untuk menentukan kategori korosifitas berdasarkan klasifikasi lingkungan, dapat dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Perlindungan Komponen Baja Jembatan dengan Cara Pengecatan. Sebagai alternatif, metode evaluasi dapat menggunakan standar bergambar SSPC-Vis 2 untuk mengevaluasi tingkat berkarat pada permukaan baja yang dicat.

Mill Scale

Pembersihan yang tidak sempurna dari *mill scale* dapat memberikan titik awal untuk korosi. Ketika *mill scale* retak, memungkinkan uap air dan oksigen mencapai substrat baja. *Mill scale*

mempercepat korosi substrat karena sifat elektrokimia. Untuk memeriksa korosi *mill scale* selama pemeriksaan cat, menggunakan pisau untuk menghilangkan bagian kecil dari cat di tempat acak. Periksa permukaan terbuka untuk *mill scale*, baik utuh atau berkarat. Kupas dengan pisau atau benda tajam lainnya dengan luasan yang menyebar untuk memeriksa karat. Lapis kembali daerah di mana cat yang dikupas.

Kelekatan Cat (*Paint Adhesion*)

Cat dapat mengalami kegagalan adhesi antara lapisan cat atau antara lapisan primer dan baja. Beberapa kontrak pengecatan jembatan menentukan kekuatan adhesi cat minimum yang dapat diterima untuk cat baru. Seiring waktu, bagaimanapun, kekuatan adhesi dapat menurun karena pengaruh cuaca dan dipengaruhi oleh sinar matahari, atau sebagaimana karat terjadi di bawah cat.

Tes sederhana adhesi adalah untuk menyelidiki kondisi di bawah lapisan cat dengan titik pisau.

Ketebalan lapisan cat kering

Pemeriksaan ketebalan lapisan cat kering diidentifikasi dengan menggunakan alat *elcometer*. Akurasi berkisar antara $\pm 10\%$ - 15% .

Korosi Baja

Korosi baja dengan salah satu tingkat perlindungan harus diperiksa sebagai berikut:

- a) Tekstur berlapis permukaan baja, seperti slab karat atau tipis dan lembar karat yang lapuk.
- b) Tekstur butiran dan serpihan karat di permukaan baja.
- c) Sebuah tekstur yang sangat kasar
- d) Tekstur butiran besar (diameter 3 mm (1/8 inci))
- e) Serpihan (diameter 13 mm (1/2 inci))
- f) Permukaan terkelupas dengan tangan atau sikat kawat memperlihatkan substrat hitam
- g) Permukaan biasanya ditutupi dengan lubang yang dalam

Jika kondisi tersebut ditemukan, langkah-langkah berikut harus diambil untuk menentukan kecukupan lapisan oksida:

- a) Kikis permukaan baja sampai lapisan material paling dasar
- b) Periksalah untuk menentukan tingkat terbentuknya sumuran
- c) Ukur bagian logam yang hilang dengan jangka sorong atau alat ukur ketebalan ultrasonik

Hal ini penting untuk menetapkan acuan awal pada suatu titik tempat di mana pengukuran ketebalan logam diambil sehingga setiap kehilangan logam dapat dimonitor dengan pengukuran di masa depan. Tolok ukur merupakan hal yang penting karena bagian baja yang digulung dan pelat baja sering bervariasi dalam toleransi yang dapat diterima dalam ketebalan dari nilai ketebalan nominal.

Data yang diperoleh dari pemeriksaan harus mencakup pengamatan visual dari baja (misalnya warna, tekstur, dan pengelupasan), pengukuran fisik dengan alat ukur ketebalan, dan pengamatan kondisi lingkungan.

6.8 Metode pemeriksaan yang lebih maju

Setelah kerusakan teridentifikasi secara visual dan prosedur pemeriksaan fisik telah dilakukan untuk mengetahui perkembangan kerusakan yang terjadi, barulah dilakukan pemeriksaan khusus untuk mengetahui tingkat kerusakan yang terjadi secara akurat. Pemeriksaan khusus yang harus dilakukan berdasarkan jenis kerusakannya adalah sebagai berikut :

a) *Dye penetrant*

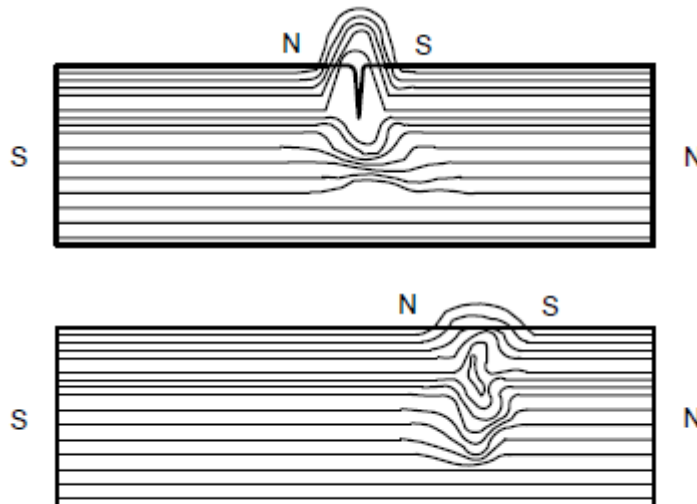
Penggunaan penetran pewarna dilakukan untuk menentukan tingkat dan ukuran cacat permukaan pada elemen baja (Gambar 24). Daerah uji dibersihkan sampai bagian dasar material logam, setelah itu pewarna disemprotkan agar bisa menembus retak permukaan, kemudian pewarna tersebut dibersihkan dari elemen baja tersebut sehingga akan terlihat alur warna pada retakan yang terjadi.



Gambar 24. Pendeteksian retak menggunakan *dye penetrant*

b) Partikel magnetik

Partikel magnetik atau kebocoran aliran magnetik digunakan untuk mendeteksi permukaan, retak, dan lubang di bahan feromagnetik. Hal ini juga dapat mendeteksi cacat di bawah permukaan, seperti void, inklusi, dan retak, yang terletak di dekat permukaan (Gambar 25).



Gambar 25. Skematik gangguan medan magnet

c) Pengujian ultrasonik

Pengujian ultrasonik terdiri dari gelombang suara frekuensi tinggi yang diperkenalkan oleh transduser pengirim. Diskontinuitas dalam spesimen mengganggu gelombang suara dan membelokkannya ke transduser penerima. Besarnya sinyal balik memungkinkan pengukuran

besarnya cacat. Jarak ke celah dapat diperkirakan dari sifat gelombang suara yang diketahui dan material yang diuji.

Pengujian ultrasonik digunakan untuk mendeteksi retakan pada bidang datar dan cacat pada lasan, seperti porositas, void, inklusi, retak, dan diskontinuitas lainnya (Gambar 26 dan Gambar 27).



Gambar 26. Alat ultrasonik pendeteksi retak baja



Gambar 27. Pengujian ultrasonik

7 Preservasi elemen panel segmental ortotropik

7.1 Kualifikasi personel

Untuk pelaksanaan preservasi ortotropik dalam tingkatan rutin dan berkala dapat dilakukan oleh personel yang memiliki pengalaman dan kualifikasi dalam bidang pemeliharaan jembatan. Sedangkan untuk tingkatan perbaikan besar, personel harus memiliki pengalaman dan kualifikasi dalam bidang pembangunan jembatan rangka baja dan bersertifikat pelatihan tentang pelaksanaan pembangunan jembatan.

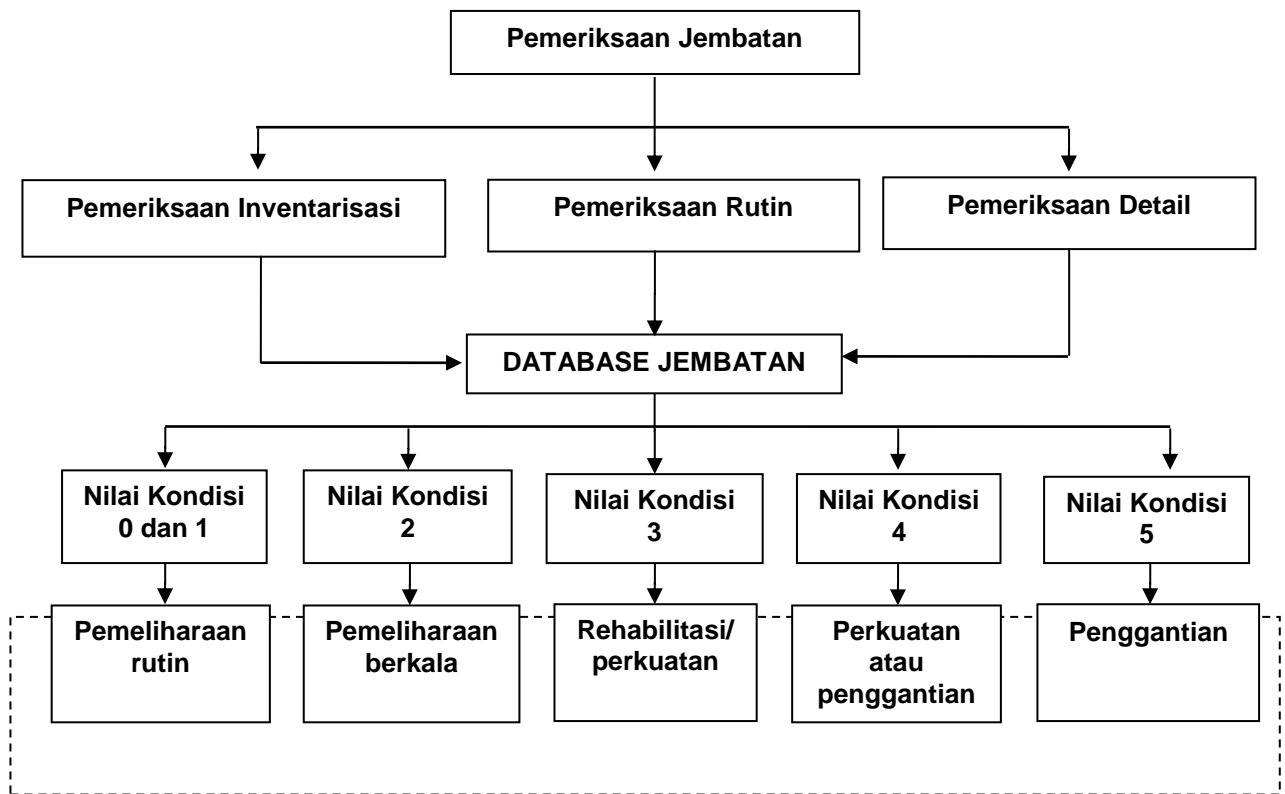
7.2 Peralatan kerja dan perlengkapan keselamatan

Preservasi sistem lantai panel segmental ortotropik baja memerlukan peralatan dan perlengkapan untuk menunjang pekerjaan preservasi dan keselamatan kerja, minimal mencakup :

- a) peralatan umum
 1. sumber daya listrik : generator listrik 10 kV
 2. perlengkapan lampu penerangan
 3. perlengkapan pengaman diri (helm, kaca mata, sabuk keselamatan dan lainnya)
 4. perlengkapan pengaman lingkungan (rambu-rambu peringatan, pembatas jalan, lampu hazard dan lainnya)
 5. peralatan pembersihan (semprot air bertekanan 150 bar, linggis, sekop, pacul, kape dan lainnya)
 6. peralatan pemantauan/pengawasan (kamera digital, kamera video (*handycam*), alat tulis dan lainnya)
- b) unit alat pemeliharaan rutin, terdiri atas:
 1. peralatan *sealant* aspal
- c) unit alat pemeliharaan berkala, terdiri atas:
 1. peralatan *patching* aspal
 2. peralatan penyiapan permukaan dan pengecatan (sikat kawat, kape, kompresor, nozzle penyemprot/sprayer, kuas dan lainnya)
 3. peralatan penggantung/perancah (tangga/penggantung, rantai pengikat, *catwalk* dan lainnya)
 4. peralatan kontrol kekencangan baut (palu besi, kunci momen dan lainnya)
- d) unit alat pemeliharaan khusus, terdiri atas:
 1. peralatan *scrapping* aspal (blencong, linggis, dan lainnya)
 2. peralatan pengangkatan (forklift, truk crane, dongkrak hidrolik, dan lainnya)
 3. peralatan pemotong baut (nut-splitter, las blender, dan lainnya)
 4. peralatan penggantung/perancah (tangga/penggantung, rantai pengikat, *catwalk* dan lainnya)
 5. peralatan penyiapan permukaan dan pengecatan (penyemprot pasir/*sand blasting*, kompresor, nozzle penyemprot/sprayer, kuas dan lainnya)
 6. peralatan pengencangan baut (palu besi, kunci momen dan lainnya)

7.3 Bagan alir pemeliharaan

Berdasarkan waktu pemeliharaan, jenis-jenis metode pemeliharaan yang tercakup dalam pedoman ini sebagaimana pada Gambar 28.



Gambar 28. Bagan alir penanganan preservasi jembatan

7.4 Pemeliharaan periodik

Pemeliharaan periodik pada dasarnya menjaga kondisi jembatan dalam keadaan berfungsi seperti semula dan merupakan beberapa pekerjaan yang berulang serta yang secara teknis cukup sederhana. Pemeliharaan periodik harus dimulai sejak pelat lantai ortotropik selesai dibangun (masih dalam keadaan baru) dan dilaksanakan selama umur jembatan tersebut dengan interval waktu 1 (satu) tahun sekali.

Pemeliharaan periodik dilaksanakan dengan diawali oleh kegiatan pemeriksaan visual untuk memonitor kinerja dari pelat baja ortotropik.

Pemeriksaan periodik harus mencakup seluruh elemen-elemen pelat baja ortotropik yang secara umum terdiri dari :

- a) sistem drainase
- b) sistem lapisan aspal
- c) sistem sambungan (baut dan las)
- d) sistem lapisan pelindungan (cat)
- e) sistem struktur ortotropik

Hasil pemeriksaan visual didokumentasikan sebagai acuan monitoring kondisi sistem lantai panel segmental ortotropik baja dan sistem permukaan aspa pada masa yang akan datang, baik pemeriksaan periodik selanjutnya, pemeriksaan berdasarkan kondisi maupun pemeriksaan khusus.

7.4.1 Pembersihan jembatan

Jembatan harus dibersihkan dengan baik/tepat untuk menjamin tidak adanya penumpukan kotoran yang akan menyebabkan kerusakan elemen jembatan atau jembatan secara keseluruhan di kemudian hari.

Kegiatan pembersihan mencakup:

- a) pembersihan secara menyeluruh dengan penyemprotan air bertekanan cukup tinggi baik pada rangka jembatan maupun pelat lantai ortotropik baja.
- b) pembersihan tanah, kerikil, pasir, dan sebagainya dari tempat-tempat yang seharusnya tidak ada dan yang mungkin berpengaruh dan dapat membahayakan, seperti pada:
 - semua drainase;
 - lantai dan sambungan siar muai;
 - daerah sekitar perletakan/landasan;
 - semua komponen rangka yang menahan kotoran dan sampah;
 - endapan pada pelat lantai ortotropik.
- c) pembersihan tumbuhan liar, terutama pada daerah perletakan/landasan dan dinding batu atau beton; pembersihan tersebut harus dilakukan pada daerah kurang lebih tiga meter dari setiap sisi jembatan; pada setiap pekerjaan pembersihan harus diperhatikan adanya pengaruh yang mungkin terjadi seperti erosi yang disebabkan oleh kesalahan pemotongan tumbuhan yang ada.

Pembersihan utama struktur jembatan memerlukan pembersihan yang memakai sistem pembersihan dengan air bertekanan tinggi, lebih disukai apabila alat tersebut dapat dipindah-pindah dengan truk. Daya tekan semprotan tersebut disarankan mempunyai tekanan hingga 35.000 kPa.

Volume pekerjaan pembersihan tidak selalu sama antara jembatan yang satu dengan jembatan yang lain, tetapi pada umumnya mencakup pembersihan bagian luar gelagar, sayap (*flens*) gelagar tempat banyak kotoran yang menumpuk, dudukan perletakan/landasan dan bagian lain yang tidak dapat terjangkau pada waktu dilakukan pemeliharaan rutin.

Jenis pekerjaan ini mungkin memerlukan tangga/perancah dan sebaiknya dilakukan oleh sekelompok pekerja pemeliharaan.

7.4.2 Penggantian bagian-bagian kecil

Penggantian bagian-bagian kecil dilaksanakan apabila diperlukan agar bagian-bagian kecil/sekunder tersebut dapat kembali berfungsi sebagaimana mestinya. Contohnya adalah seperti penggantian baut yang putus dan juga pipa drainase yang hilang.

7.5 Pemeliharaan berdasarkan kondisi

Pemeliharaan berdasarkan kondisi merupakan pemeliharaan dengan pertimbangan tingkat kerusakan dan waktu pelaksanaan menengah. Dalam hal ini yang memerlukan pemeliharaan berkala pengencangan baut, pengecatan, pelapisan dan/atau penambalan lapis perkerasan yang aus ataupun retak buaya dan perkuatan sederhana. Umumnya pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan berkala dilakukan 4-5 tahun sekali.

Pemeliharaan berdasarkan kondisi dilakukan untuk mengembalikan jembatan pada kondisi daya layan yang seharusnya dimiliki jembatan setelah pembangunan.

Kegiatan pemeliharaan berkala mencakup:

- a. kegiatan pemeliharaan yang dapat diperkirakan, dilakukan pada tenggang waktu yang direncanakan; dan
- b. penanganan/perbaikan yang cukup berarti.

Kegiatan pemeliharaan yang dapat diperkirakan mencakup hal-hal sebagai berikut:

- a. pembersihan menyeluruh jembatan;
- b. pelapisan/penambalan permukaan aspal;
- c. pengencangan baut; dan
- d. pengecatan ulang.

7.6 Sistem drainase

Pipa cucuran sering tersumbat oleh lumpur dan/atau barang buangan pengguna jalan, sehingga penanganan kerusakannya perlu dilakukan pembersihan kotoran yang menyebabkan penyumbatan pipa cucuran. Selain itu, jika terjadi kerusakan pada pipa cucuran berupa korosi hingga pengurangan tebal pipa $\geq 50\%$, patah atau hilang, maka perlu dilakukan penggantian elemen yang rusak dengan ketentuan memiliki panjang melebihi bagian terbawah dari bangunan atas jembatan.

7.7 Sistem lapisan aspal

7.7.1 Pemeliharaan permukaan jalan

Pemeliharaan permukaan jalan terdiri atas penambalan lubang-lubang dan penanganan kerusakan lapisan aspal pada lantai jembatan dengan volume yang sedikit.

Berikut adalah teknik perbaikan yang telah digunakan dengan tingkat yang berbeda dari efektivitas dan daya tahan:

- a) Retak di atas pengaku diisi dengan menggunakan bahan pengisi berupa aspal (material aspal tipe penuangan dingin) atau polimer (metakrilat). Pengisian digunakan untuk memberikan perlindungan terhadap infiltrasi air dan korosi pelat ortotropik baja (dan tidak dimaksudkan untuk memperbaiki retak permukaan). Masa pelayanan bahan pengisi tersebut akan tergantung pada lebar retak dan viskositas bahan pengisi yang digunakan. Lapis permukaan menjadi bersih (dan lebih kering, meskipun beberapa bahan pengisi juga dapat diterapkan ketika permukaan basah) dan bebas dari kotoran merupakan hal yang penting. Pengisian terbaik dicapai ketika lebar retak dalam kondisi paling besar (misalnya, ketika suhu pelat lantai ortotropik berada pada kondisi minimum), karena hal ini memfasilitasi kedalaman penetrasi yang baik.
- b) Delaminasi kecil, jika terdeteksi menggunakan palu akustik (*acoustic hammer*), bisa secara sementara diperbaiki dengan menyuntikkan polimer / epoksi dengan bertekanan. Untuk memverifikasi seluruh rongga di bawah lapis permukaan sudah terisi, sangat penting untuk mengidentifikasi luas total dari delaminasi menggunakan teknik konvensional (seperti palu akustik atau *chain drag*) dan menggunakan beberapa jalan keluar ventilasi untuk mengusir udara yang terjebak pada delaminasi.
- c) Delaminasi lebih besar atau daerah pecahan diperbaiki dengan memotong keluar lapis permukaan yang rusak dan mengganti petakan/tambalan dengan bahan perbaikan (seringkali menggunakan bahan lapisan asli jika praktis atau alternatif beton polimer / epoksi yang dapat memfasilitasi perbaikan skala kecil tanpa menggunakan alat berat).
- d) Penempatan lapisan atau pelapisan di atas lapis permukaan yang rusak. Perbaikan teknik ini mengharuskan ikatan yang baik diberikan kepada overlay yang rusak dan retak direkatkan (*sealant*) secara baik. Retak susulan dapat terjadi jika penempatan bahan perbaikan dilakukan tanpa merekatkan retak yang ada.
- e) Teknik perbaikan yang melibatkan penggantian tambalan kedalaman penuh (dijelaskan dalam 3 penjelasan di atas) atau pelapisan ulang berupa cor di tempat (dijelaskan dalam 4 penjelasan di atas) juga dapat menggunakan pelat pracetak dari lapis permukaan. Seringkali, karena sulit untuk mencocokkan profil permukaan pelat ortotropik yang tidak beraturan (untuk penggantian kedalaman penuh), atau lapis permukaan rusak (untuk pelapisan ulang), ikatan pelat pracetak terutama cocok untuk perbaikan sementara yang

cepat sehingga lalu lintas dapat dengan aman menggunakan jembatan sampai perbaikan yang lebih permanen selesai.

7.7.2 Penggantian menyeluruh lapis permukaan aspal

Lapisan permukaan pada lantai ortotropik baja memerlukan penggantian secara berkala. Permukaan aspal yang berada di atas lantai baja akan tahan sekitar 5 tahun sampai dengan 8 tahun sebelum memerlukan penggantian. Lapisan aspal permukaan sebaiknya dikupas terlebih dulu dari lantai sebelum lapisan yang baru dipasang. Ketebalan lapisan aspal 70 mm untuk mengakomodasi ketebalan pelat penyambung dan baut-baut yang menonjol di atas pelat lantai ortotropik. Sehingga bagian tertipis lapisan aspal sebesar 50 mm.

7.8 Sistem sambungan baut

7.8.1 Penggantian baut

Penggantian baut secara menyeluruh dilakukan tiap 5 tahun sampai dengan 8 tahun sekali dengan menggunakan metode prategang baut hidrolik (*Hydraulic Bolt Tensioners*) atau metode kunci torsi. Metode prategang baut hidrolik (Gambar 29) direkomendasikan untuk pengencangan baut karena dapat mengencangkan baut pada kondisi ruang gerak yang terbatas dan memiliki tingkat akurasi yang lebih baik (Gambar 30) dibandingkan kunci torsi. Metode kunci torsi yang sering disebut kontrol gaya tarik lebih umum digunakan karena alat lebih mudah diperoleh dipasaran namun memiliki tingkat akurasi yang kurang baik (berbeda-beda setiap pabrikan).



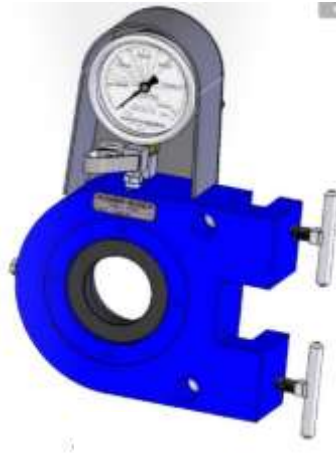
Gambar 29. Alat *Hydraulic Bolt Tensioners*



Gambar 30. Ilustrasi pengencangan metode *Hydraulic Bolt Tensioners*

Sebelum digunakan, kedua alat tersebut harus terlebih dahulu harus diverifikasi untuk menentukan hubungan besarnya gaya torsi dan gaya tarik baut (umumnya, verifikasi dengan metode *Skidmore wilhelm*, Gambar 31). Sebelum dikencangkan dengan menggunakan alat torsi, seluruh baut harus dalam kondisi kekencangan sedang. Seluruh baut dikencangkan dengan nilai torsi yang telah ditentukan berdasarkan jenis dan diameter baut. Hasil gaya tarik pada baut dengan menggunakan metode ini sangat bervariasi meskipun prosedur pelaksanaan dilakukan dengan benar. Nilai *proof load* digunakan sebagai batas gaya tarik

maksimum yang mampu diterima oleh baut dan gaya tarik minimum yang diizinkan sebesar 0,7 dari gaya tarik putus. Nilai *proof load* untuk setiap mutu baut dan gaya tarik minimum dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.



Gambar 31. Alat skidmore wilhelm

Tabel 1. Gaya tarik maksimum dan minimum baut A325

Ukuran nominal	<i>Proof load</i> /gaya tarik maksimum (kN)	Gaya tarik minimum (kN)
	ASTM A325	
M16	94,2	91
M20	147	142
M22	182	176
M24	212	205
M27	275	267
M30	337	326
M36	490	475

Sumber: ASTM A325M-04, Maryland Metrics, USA

Tabel 2. Gaya tarik maksimum dan minimum baut A490

Ukuran nominal	<i>Proof load</i> /gaya tarik maksimum (kN)	Gaya tarik minimum (kN)
	ASTM A490	
M16	130	114
M20	203	179
M22	251	221
M24	293	257
M27	381	334
M30	466	408
M36	678	595

Sumber: ASTM A325M-04, Maryland Metrics, USA

Penggunaan metode kunci torsi harus dilakukan dengan teliti dan memerlukan perhatian yang lebih detail. Verifikasi alat torsi di lapangan harus dilakukan setiap hari atau :

- a) ketika lot dari komponen rangkaian baut (baut, ring, dan mur) diganti;
- b) ketika lot dari komponen rangkaian baut (baut, *ring*, dan mur) diberi pelumas kembali;
- c) ketika terdapat perbedaan yang signifikan pada permukaan baut, ulir, mur, atau ring;

d) ketika mengganti kunci torsi atau komponen utama dari kunci torsi diubah (diberi pelumas).

7.9 Sistem lapisan pelindungan cat

7.9.1 Pengecatan sederhana

Pengecatan sederhana yaitu pengecatan pada tempat yang mudah dijangkau atau mempunyai volume yang sedikit agar penurunan mutu cat tidak meluas ke daerah di sekitar kerusakan tersebut.

7.9.2 Pengecatan ulang

Metode penyiapan permukaan

Pembersihan harus dilakukan pertama kali dengan mencuci dan menggosok serta menggunakan salah satu dari yang diuraikan berikut ini:

- sikat kawat yang dapat berputar secara mekanis;
- alat *water jet*;
- pembersihan dengan pemanasan;
- pembersihan dengan sikat dan penyemprotan di lapangan; dan
- pembersihan dengan sikat dan penyemprotan di bengkel.

Semua cara pembersihan tersebut, harus memperhatikan tingkat kerusakan permukaan pada Tabel 3 pada Pedoman Perlindungan Komponen Baja Jembatan dengan Cara Pengecatan.

Untuk mencapai tingkat yang diperlukan, metode penyiapan permukaan tidak boleh menyebabkan kerusakan pada permukaan baja atau sifat-sifat bahannya dengan pencegahan yang harus dilakukan meliputi :

- sikat kawat dan alat *water jet* - pembersihan yang terlalu lama pada satu tempat akan menimbulkan goresan pada permukaan;
- pembersihan dengan pemanasan - penggunaan api untuk membersihkan harus dikendalikan agar hanya cat saja yang menjadi lunak atau mulai terkelupas. Pembakaran tidak boleh dilakukan pada satu tempat saja sebab dapat mengakibatkan baja menjadi panas dan mulai meleleh; dan
- pembersihan dengan semprotan abrasif - pasir atau grit yang berlebihan dapat mengakibatkan permukaan baja menjadi sangat kasar, hal ini tidak diharapkan. Pembersihan dengan semprotan bahan abrasif merupakan suatu pekerjaan yang berbahaya dan pelindungan khusus untuk pekerja diperlukan.

Pengecatan dengan cat dasar harus diterapkan sesegera mungkin setelah permukaan dibersihkan dan dipersiapkan untuk mencegah korosi permukaan.

Tabel 3. Tingkat kerusakan permukaan dan metode persiapan permukaan

Tingkat kerusakan Metode persiapan	Tingkat kerusakan Metode persiapan	Tingkat kerusakan Metode persiapan
Penurunan mutu cat tanpa terlihat adanya noda karat. Permukaan cat kotor akibat debu, lumpur, gemuk, minyak atau oli.	SSPC-SP-1 (<i>solvent cleaning</i>)	Bersihkan semua pengotor seperti minyak, gemuk, debu, tanah, garam-garam, dan pengotor lainnya dari permukaan logam dengan menggunakan cairan pelarut, pengemulsi, campuran pembersih,

Tingkat kerusakan Metode persiapan	Tingkat kerusakan Metode persiapan	Tingkat kerusakan Metode persiapan
		uap panas atau material lain yang sesuai. Untuk persiapan permukaan yang telah di galvanis, maka digunakan larutan asam (asam klorida atau asam sulfat).
Penurunan mutu cat, terdapat noda karat permukaan dan lapisan cat yang menggelembung akibat karat.	SSPC-SP-2 / St 2 (<i>hand tool cleaning</i>)	Bersihkan semua karat, butiran logam, dan lapisan cat yang rusak sampai tingkat kebersihan yang disyaratkan dengan menggunakan ampelas, sikat kawat, batu gerinda, <i>scrap</i> dan peralatan manual lainnya. Permukaan logam harus terlihat seperti warna logam dasarnya dan juga harus bebas dari minyak, gemuk, debu, tanah, garam dan pengotor lainnya
Penurunan mutu cat, terlihat adanya titik-titik karat dangkal dan lapisan cat yang mengelupas akibat karat.	SSPC-SP-3 / St 3 (<i>power tool cleaning</i>) atau SSPC-SP-4 (<i>flame cleaning</i>)	Bersihkan semua karat, butiran logam, dan lapisan cat yang rusak sampai tingkat kebersihan yang disyaratkan dengan menggunakan sikat kawat elektrik, alat pengerok elektrik, gerinda listrik, ampelas elektrik atau menggunakan udara bertemperatur tinggi atau api dari gas oksigenasetilen di atas seluruh permukaan logam, kemudian dilanjutkan dengan pembersihan menggunakan sikat kawat. Permukaan logam harus terlihat mengkilap dan juga harus bebas dari minyak, gemuk, debu, tanah, garam dan pengotor lainnya
Lapisan cat mengelupas, terdapat karat dengan jumlah yang besar dan dalam, atau penggantian sistem pengecatan lama dengan sistem pengecatan baru secara menyeluruh.	Sa 2 ½ / NACE 2 (<i>near white blast cleaning</i>) atau SSPC-SP-5 / Sa 3 / NACE 1 (<i>white metal blast cleaning</i>)	Bersihkan semua butiran karat, cat atau pengotor lainnya dengan menggunakan material abrasiv yang disemprotkan melalui nozel atau roda sentrifugal, sampai diperoleh permukaan logam yang telah benar-benar bersih dari minyak, gemuk, debu, karat, butiran karat, cat dan pengotor lainnya kecuali goresan atau sedikit bayangan perubahan warna yang disebabkan oleh noda karat, residu cat atau lapisan pengotor yang bersifat permanen. Sedikitnya 95% dari setiap inci persegi luas permukaan harus bersih dari semua residu atau noda.

Pengaplikasian cat

Cat dapat diaplikasikan dengan menyesuaikan kategori tingkat korosifitas lingkungannya, mengacu pada Pasal 4.9 dari pedoman perlindungan komponen baja jembatan.

Ketebalan cat akhir dapat diukur berdasarkan ketebalan film kering atau basah. Jika pengencer tambahan digunakan untuk memfasilitasi kemudahan penerapan, ketebalan film basah perlu diperbesar. Batasan baik untuk ketebalan film basah dan kering dapat digunakan untuk memeriksa keseragaman dan ketebalan cat.

Lapisan cat pada pelat baja ortotropik sebagaimana pada Gambar 32 terdiri atas 3 lapis sebagai berikut :

a) Cat Tipe A

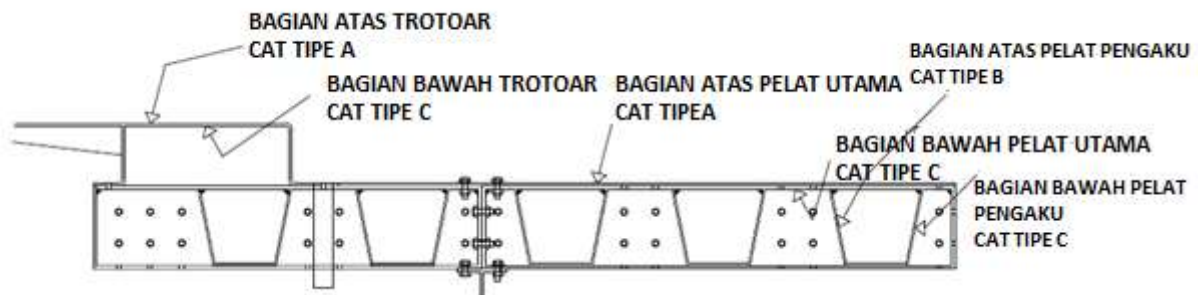
Lapisan primer : Epoksi Primer 75 Mikron
Lapisan sekunder : Coaltar Epoksi 150 Mikron
Lapisan finish : Coaltar Epoksi 150 Mikron

b) Cat Tipe B

Lapisan dasar : Epoksi Primer 75 Mikron

c) Cat Tipe C

Lapisan primer : Epoksi Primer 75 Mikron
Lapisan sekunder : Epoksi 100 Mikron
Lapisan finish : Poliuretan 75 Mikron



Gambar 32. Lapisan cat pelat baja ortotropik → gambar dan tulisan diperjelas

Sistem pengecatan

Pada lingkungan yang agresif, seperti pada daerah lingkungan berair asin, sistem pengecatan yang berbeda dipergunakan.

Disarankan agar lapisan dasar epoksi mempunyai ketebalan film kering minimum 150 mikron dan satu atau dua lapisan dari karet berklorin setiap ketebalan film 100 mikron dan 125 mikron digunakan dalam lingkungan berair asin untuk pemakaian pada lingkungan berair asin.

Sistem pengecatan yang baru harus sesuai dengan sistem perlindungan yang sudah ada.

7.10 Sistem struktur ortotropik

Beberapa metode perbaikan yang bisa dilakukan akibat kerusakan beban fatik disesuaikan dengan tipe kerusakan, lokasi kerusakan dan tingkat keparahan adalah sebagai berikut:

7.10.1 Retak pada pelat dek

Ketika terjadi retakan pada pelat dek (Gambar 33), ada beberapa alternatif penanganan yang bisa digunakan antara lain :

- a) Pengelasan pada retakan atau pemasangan baut pada pelat yang retak (hanya untuk penanganan darurat /sementara);
- b) Pemotongan bagian pelat yang retak, kemudian menggantikannya dengan pelat yang lebih tebal dengan sistem pengelasan yang sesuai rencana;
- c) Selama proses perbaikan, harus mempertimbangkan pengalihan atau pembatasan beban lalu lintas diatas jembatan yang bersifat sementara.

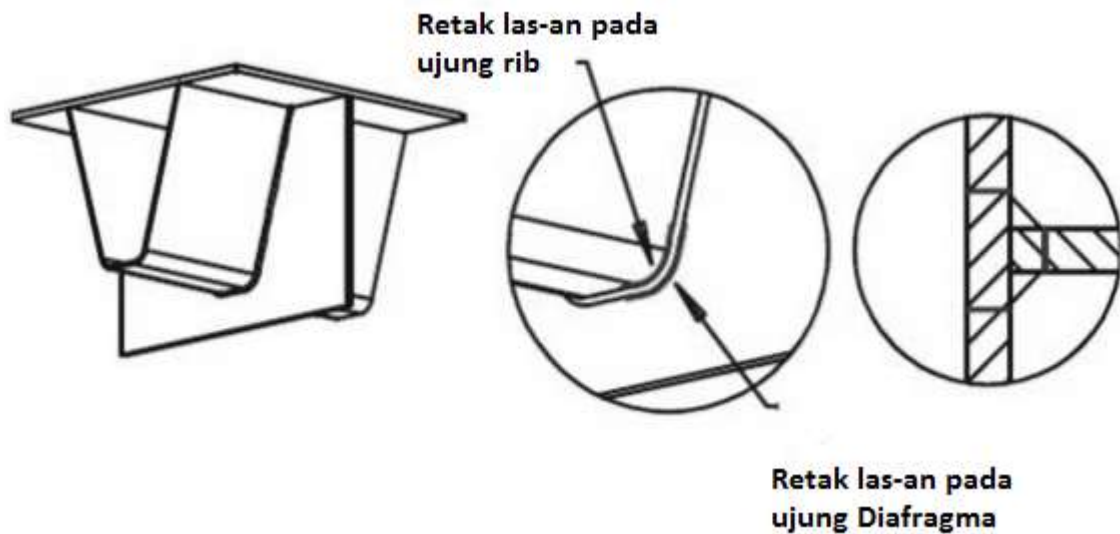


Gambar 33. Retak pada pelat dek

7.10.2 Retak pada lasan rib ke diafragma

Penanganan retak yang kecil pada rib (Gambar 34), untuk menghentikan perambatan retak bisa dilakukan dengan metode pengeboran pada bagian pangkal retak dan dilakukan pemantauan setelahnya (misalnya setiap enam bulan sekali).

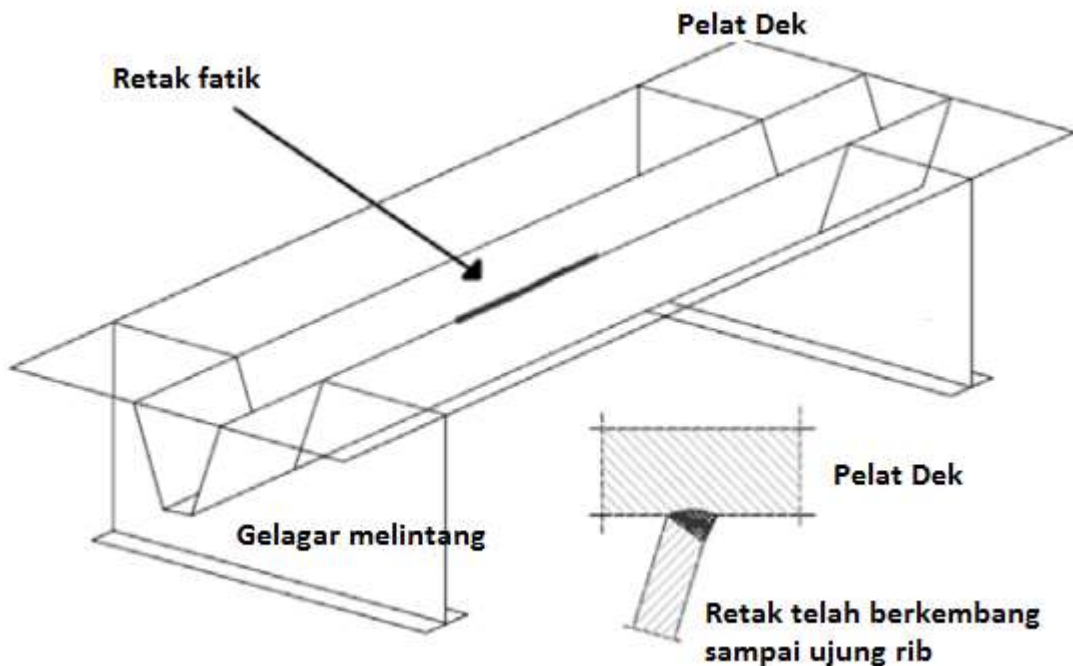
Setelah menemukan pangkal retak, periksa setiap sisi bagian tersebut untuk menemukan pangkal retak lainnya pada keretakan terpanjang. Ratakan dan cat pangkal retak yang dilubangi dengan pengeboran. Lubang bor disarankan berdiameter 20 mm.



Gambar 34. Lokasi retak pada lasan rib ke diafragma

7.10.3 Retak pada sambungan rib ke pelat dek

Retakan memanjang pada sambungan lasan antara pelat dek dan rib (Gambar 35), bisa diperbaiki dengan melakukan pengelasan ulang pada retakan. Kualitas pengelasan perlu ditingkatkan dari kualitas sebelumnya untuk mencegah retakan kembali terjadi. Untuk menghentikan perambatan retak, perlu dilakukan pembuatan lubang dengan pengeboran.



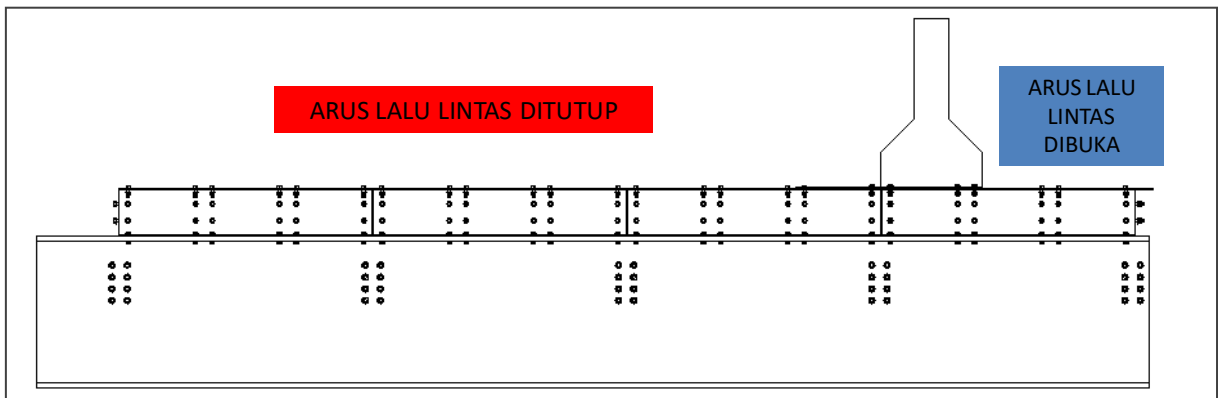
Gambar 35. Lokasi retak memanjang pada sambungan rib ke pelat dek (de Jong,2006)

7.10.4 Pengangkatan panel segmental ortotropik

Apabila diperlukan melakukan perbaikan pada permukaan cat secara menyeluruh, perlu dilakukan pengangkatan panel tersebut dengan memperhatikan aspek keselamatan kerja dan beban lalu lintas.

Adapun prosedur penggantian tersebut adalah sebagai berikut :

- a) pengaturan lalu lintas dengan penutupan 1 jalur (**Error! Reference source not found.**)
- b) pelepasan pelat penghubung melintang panel ortotropik
- c) pelepasan pelat penghubung memanjang (balok T) panel ortotropik
- d) setting *lifting device* (konsol dan dongkrak) pada posisinya (**Error! Reference source not found.**)
- e) pengangkatan pelat ortotropik (**Error! Reference source not found.**)
- f) pemasangan pelat ortotropik yang baru
- g) penghamparan lapis permukaan

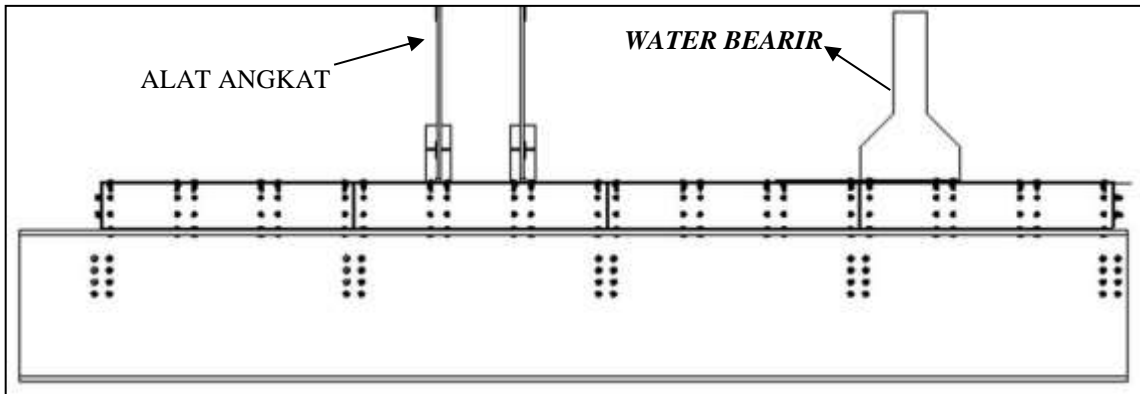


a) Tampak melintang jembatan

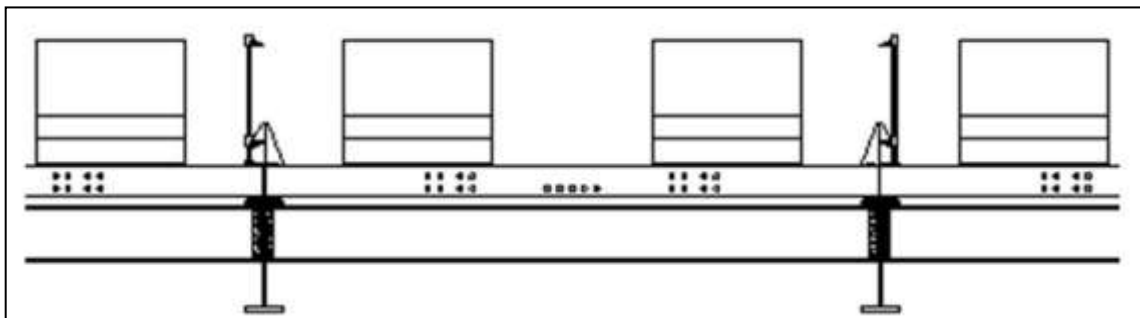


b) Tampak Atas Jembatan

Gambar 36. Skema pengaturan lalu lintas

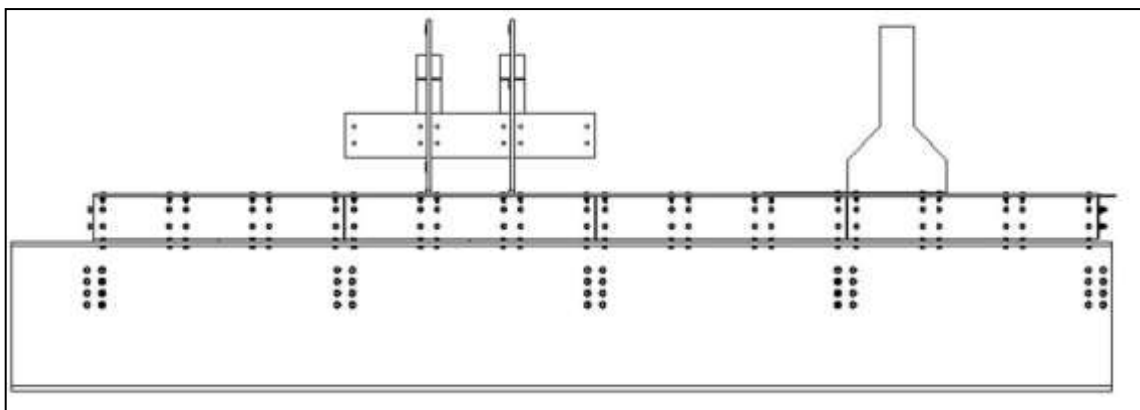


a) Tampak melintang jembatan

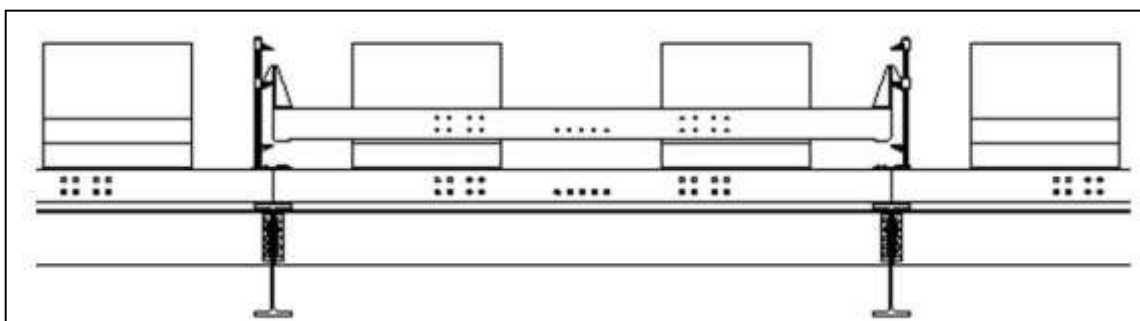


b) Tampak memanjang jembatan

Gambar 37. Skema penempatan *lifting device*



a) Tampak melintang jembatan



b) Tampak memanjang jembatan

Gambar 38. Skema pengangkatan panel ortotropik

Bibliografi

Pedoman Pemeriksaan Jembatan No.005-01/P/BM/2011

SE Menteri PUPR No.14/SE/M/2015 tanggal 23 April 2015 tentang Pedoman Pemasangan Baut Jembatan

SE Menteri PUPR No. 26/SE/M/2015 tanggal 23 April 2015 tentang Pedoman Perlindungan Komponen Baja Jembatan dengan Cara Pengecatan.

SE Dirjen Bina Marga No. 02/SE/Db/2018 tentang Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan

SE Menteri PUPR No. 03/SE/M/2016 tanggal 15 Maret 2016 tentang Pedoman Penentuan Bridge Load Rating untuk Jembatan Eksisting.

SE Menteri PUPR No. 24/SE/M/2015 tanggal 23 April 2015 tentang Pedoman Perencanaan Sistem Monitoring Kesehatan Struktur Jembatan.

Pd T-12 2003 Perambuan Sementara untuk Pekerjaan Jalan

Sistem Manajemen Jembatan Panduan Rencana dan Program IBMS , Februari 1993, SMEC-Kinhill Joint Venture, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Australian International Development Assistance Bureau

Sistem Manajemen Jembatan Panduan Pemeliharaan dan Rehabilitasi Jembatan, Maret 1993, SMEC-Kinhill Joint Venture, Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Australian International Development Assistance Bureau

FHWA-IF-12-027, 2012 *Manual For Design, Construction, And Maintenance Of Orthotropic Steel Deck Bridges.*

FHWA NHI 12-049 December, 2012 *Bridge Inspector's Reference Manual BIRM Volume 1.*

FHWA NHI 12-050 December, 2012 *Bridge Inspector's Reference Manual BIRM Volume 2.*

Bridge Preservation Guide - Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility, Spring 2018, US Department of Transportation Federal Highway Administration

2015 Interim Manual for Bridge Element Inspection First Edition, 2013, American Association of State Highway and Transportation Officials.

2013 Interim Revisions to The Manual for Bridge Evaluation Second Edition 2010, American Association of State Highway and Transportation Officials.

Daftar nama dan lembaga

1) Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

2) Konseptor

Nama	Instansi
Achmad Riza Chairulloh, ST.,MT.	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Tommy Virlianda Warganegara, ST.,MT.	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

3) Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan

No	Nama	Instansi	Kedudukan	Wakil dari
1	Ir. Herry Vaza M.Eng, Sc	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Ketua Sub Komite Teknis	Pemerintah
2	Prof. Dr.Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc	Universitas Tama Jagakarsa	Wakil Ketua Sub Komite Teknis	Pakar
3	Dr.Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Sekretaris Sub Komite Teknis	Pemerintah
4	Prof. Dr. Ir. H. Raden Anwar Yamin, MT, M.E	Pusat Litbang Jalan Jembatan	Anggota Sub Komite Teknis	Pemerintah
5	Abinhot Sihotang, ST., MT	Institut Teknologi Nasional (ITENAS)	Anggota Sub Komite Teknis	Pakar
6	Dr.Ir. Samun Haris, MT	Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI)	Anggota Sub Komite Teknis	Konsumen
7	Dr. Ir. Imam Aschuri, MT	Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)	Anggota Sub Komite Teknis	Konsumen
8	Ir. Gompul Dairi, BRE, M.Sc	PT. Pacific Prestress Indonesia (PT. PPI)	Anggota Sub Komite Teknis	Produsen
9	Dr. Ir. Hindra Mulya, MM	PT. MBT	Anggota Sub Komite Teknis	Produsen